



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number: 10207194

(43)Date of publication of application: 07.08.1998

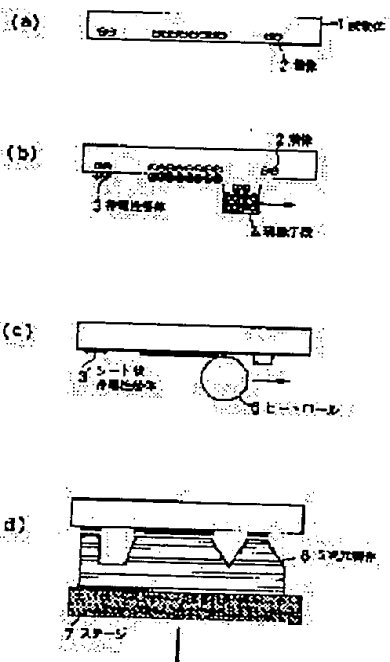
(51)Int.Cl.

G03G 15/05
B29C 67/00

(21)Application number: 09011190
(22)Date of filing: 24.01.1997

(71)Applicant: FUJI XEROX CO LTD
(72)Inventor: YAMADA TAKAYUKI
NAGATA MASANARI
TANAKA SHUNEI
KAWAMATA SHINICHI
FUKUDA YUICHI

(54) LAMINATE MOLDING METHOD AND DEVICE



(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a laminate molding method and device capable of precisely molding a three-dimensional object at a high speed, coloring an object and further, molding the object including ceramics and metal except resin as well.
SOLUTION: An electrostatic latent image 2 is formed on the surface of a dielectric 1, based on arbitrary cross-sectional shape data of the three-dimensional object. Then, the electrostatic latent image 2 is developed with electrifiable powder 3 and the electrifiable powder 3 is formed like a sheet. The sheet-like electrifiable powder is transferred to a stage. Each of these processes is repeated to laminate the sheet-like electrifiable powder on the stage, so that the three-dimensional object is molded. Further, after the process of developing the electrostatic latent image with the electrifiable powder, the process of transferring this powder to an intermediate transfer body adjacent to the dielectric and forming the electrifiable powder like the sheet on the intermediate transfer body can be executed.

特開平 10-207194

(43)公開日 平成10年(1998)8月7日

(51)Int. Cl. ⁴	識別記号	F I
G 03 G 15/05		G 03 G 15/00 1 I 5
B 29 C 67/00		B 29 C 67/00

(21)出願番号	特願平 9-111190	(71)出願人	000005496 富士ゼロックス株式会社
(22)出願日	平成9年(1997)1月24日	(72)発明者	東京港区赤坂二丁目17番22号 山田 高幸
		(72)発明者	神奈川県足柄上郡中井町430グリーンテ ク なかい 富士ゼロックス株式会社内
		(72)発明者	永田 真生 神奈川県足柄上郡中井町430グリーンテ ク なかい 富士ゼロックス株式会社内
		(72)発明者	田中 俊英 神奈川県足柄上郡中井町430グリーンテ ク なかい 富士ゼロックス株式会社内
		(74)代理人	弁理士 阪本 清孝 (外1名)

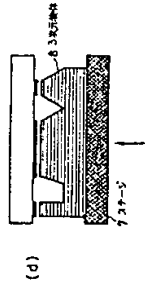
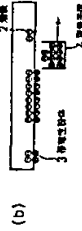
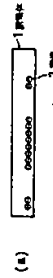
最終頁に続く

(54)【発明の名称】植層造形方法及び植層造形装置

(57)【要約】

【課題】3次元物体の造形を精度良くかつ高速に行うことができ、また物体のカラー着色が可能であり、さらに樹脂以外のセラミックス、金属を含む物体の造形も可能である植層造形方法及び装置を提供する。

【解決手段】3次元物体の任意の断面形状データに基づく静電画像を誘電体表面に形成する工程と、静電画像を帯電性粉体で現像する工程と、帯電性粉体をシート状に形成する工程と、シート状帯電性粉体をステージ上にシード状帯電性粉体を植層することにより3次元物体を造形する工程とを有し、各工程を繰り返し、3次元物体を造形する。さらに、静電画像を帯電性粉体で現像する工程の後、帯電性粉体を誘電体に隣接する中間転写体に転写し、この中間転写体上で帯電性粉体をシート状に形成する工程を行ってもよい。



(2)

特開平 10-207194

【特許請求の範囲】

【請求項1】3次元物体の任意の断面形状データに基づく静電画像を誘電体表面に形成する工程と、前記静電画像を帯電性粉体で現像する工程と、前記帯電性粉体をシート状に形成する工程と、前記シート状帯電性粉体をステージ上にシード状帯電性粉体を植層することにより3次元物体を造形する、ことを特徴とする植層造形方法。

10

【請求項2】帯電性粉体として熱可塑性樹脂からなる粉体を用い、前記帯電性粉体をシート状に形成する工程は加熱により行う、ことを特徴とする請求項1記載の植層造形方法。

【請求項3】帯電性粉体として熱可塑性樹脂が金属若しくはセラミックス若しくは非熱可塑性樹脂を包含してなる粉体を用い、前記帯電性粉体をシート状に形成する工程は加熱により行う、ことを特徴とする請求項1記載の植層造形方法。

20

【請求項4】帯電性粉体として任意の色に着色された粉体を用い、ことを特徴とする請求項1記載の植層造形方法。

【請求項5】帯電性粉体に帯電制御剤を含ませて用いる、ことを特徴とする請求項1記載の植層造形方法。

【請求項6】帯電性粉体をシート状に形成する工程は、前記帯電性粉体を前記誘電体に隣接する中間転写体に転写した後、前記中間転写体上で行う、ことを特徴とする請求項1記載の植層造形方法。

【請求項7】帯電性粉体をシート状に形成する工程は、前記帯電性粉体を前記誘電体に隣接する中間転写体に転写する工程を複数回繰り返した後、前記中間転写体上で一度に行う、ことを特徴とする請求項1記載の植層造形方法。

【請求項8】帯電性粉体として少なくとも表面が熱可塑性樹脂で覆われた粉体を用い、帯電性粉体をシート状に形成する工程は、ヒートロールの加熱及び加圧により中間転写体上で行う、ことを特徴とする請求項6又は請求項7記載の植層造形方法。

【請求項9】誘電体と、前記誘電体上に3次元物体の任意の断面形状データに基づく静電画像を形成する静電形成手段と、帯電性粉体を収納し前記帯電性粉体を帯電せしめるとともに前記静電画像を有する前記誘電体を前記帯電性粉体で現像する現像手段と、前記帯電性粉体をシート状に形成するシート形成手段と、3次元物体を撮像するための移動可能なステージと、前記シート状帯電性粉体を前記ステージに転写する転写手段と、を有することを特徴とする植層造形装置。

【請求項10】誘電体と、前記誘電体上に3次元物体の任意の断面形状データに基づく静電画像を形成する静電形成手段と、帯電性粉体を収納し前記帯電性粉体を帯電せしめるとともに前記静電画像を有する前記誘電体を前

記帯電性粉体で現像する現像手段と、前記誘電体に隣接する中間転写体と、前記誘電体表面に移動した帯電性粉体を前記中間転写体に転写する中間転写手段と、前記中間転写体上の帯電性粉体をシート状に形成するシート形成手段と、3次元物体を撮像するための移動可能なステージと、前記シート状帯電性粉体を前記ステージに転写する転写手段と、を有することを特徴とする植層造形装置。

【請求項11】誘電体は透光体からなり、静電形成手段は、前記透光体と帯電させる初期帯電手段と、3次元物体の任意の断面形状データに基づいて前記透光体に選択的に光を照射する露光手段とからなる、ことを特徴とする請求項9又は請求項10記載の植層造形装置。

【請求項12】露光手段は、レーザービームの走査により光照射を行う、ことを特徴とする請求項11記載の植層造形装置。

【請求項13】現像手段を複数具備し、任意の前記現像手段を選択可能とする選択手段を有する、ことを特徴とする請求項9又は請求項10記載の植層造形装置。

【請求項14】誘電体と、静電形成手段と、現像手段と、中間転写手段とからなる本体側形成転写部を複数具備し、各本体側形成転写部において形成された帯電性粉体の像が共通の中間転写体に連続的に転写されるよう前記各本体側形成転写部を配置する、ことを特徴とする請求項10記載の植層造形装置。

【請求項15】中間転写体はポリイミドを基材とし、表面にシリコーン樹脂若しくはフッ素樹脂をコーティングした、ことを特徴とする請求項10記載の植層造形装置。

【請求項16】帯電性粉体は少なくとも表面が熱可塑性樹脂で覆われた粉体であり、シート形成手段は中間転写体を挟むように配置した一対のヒートロールからなり、前記ヒートロール間の間隔を変更するローラー間隔変更手段を有する、ことを特徴とする請求項10記載の植層造形装置。

【請求項17】ステージは、誘電体又は中間転写体の移動に対して、同一方向に同一速度で移動可能である、ことを特徴とする請求項9又は請求項10記載の植層造形装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、粉体をシート状に形成してなる薄層を植層することにより3次元物体を造形する植層造形方法及びその装置に関する。

【0002】

【従来の技術】植層造形方法は、複雑な形状の3次元物体を短時間で造形する方法として近年急速に普及している。植層造形方法で作成された3次元物体は、種々の装置の部品モデル（プロトタイプ）として、部品の動作や形状の良否を調べるために利用される。植層造形法に

はいろいろな方式があり、例えば日刊工業新聞社刊「型技術」1996年2月号特集記事に詳細に述べられている。

【0003】具体的には、例えば、図11は一般に「光造形法」と呼ばれる造形方法の模式図であり、紫外線などの光照射により硬化する光硬化性樹脂を満たした槽に、上面よりレーザービームを3次元物体の断面形状データに応じて2次元走査を行い、硬化した樹脂の薄い層を形成し、この工程を繰り返すことにより3次元物体を造形するものである。

【0004】図12は、「粉体法」と呼ばれる方法を示しており、薄い粉体層を形成した槽にレーザー光を照射することにより粉体層を所望の形状の薄層に焼結し、この工程を繰り返すことにより焼結体による3次元物体を造形するものである。この方式によれば、3次元物体として樹脂だけでなく、セラミックスや金属などが造形可能である。

【0005】図13は、例えば特開平6-55642にある「固体下地硬化法」と呼ばれる方法を示しており、硬化性樹脂を塗布された樹脂層の上にこのマスクを重ねて紫外線光を照射し、更に、光硬化性樹脂が露光された樹脂層を吸引し、更に、光硬化性樹脂が露光された凹部にワックスを充填した後、ワックスを冷却し、硬化した樹脂層及びワックスを所定厚さに切削することを繰り返すことにより所望形状の3次元モデルを造形するものである。

【0006】
【発明が解決しようとする課題】ところで、光造形法では光硬化性樹脂という液体を用いることに起因する欠点として、厚み方向の分解能が0.2mm程度しかない、液面が安定するまでの時間が長く生産性が悪いといったことがある。また高出力のレーザーを用いることから、光線自身や走査光学系の劣化が早い、エネルギー密度やピーム径の制御が悪い、といった欠点や、光硬化性樹脂の最終的硬化時の収縮に伴う変形量が大きく造形された物体の精度が悪いといった欠点がある。

【0007】また、粉体法では、同様に高出力のレーザーに関する問題が大きく、特に深さ方向の焼結特性が安定せず、深さ方向の造形精度が悪いとか、強固に結合したモデルを得難いという問題があった。また槽に粉体を均一に敷き詰めるのに時間がかかり生産性が悪いという欠点もある。

【0008】一方、固体下地硬化法では、余剰の光硬化性樹脂を吸引する工程で騒音が発生したり、細かな造形部分の樹脂を吸い込んでしまったり余剰樹脂を細部に残存させてしまったために、精度の高いモデルを得難いという問題がある。また、ワックスを焼付後に表面を切削するため、その上に新しい光硬化性樹脂層を塗布しても上下層の接合性能が悪くなり、最終的な物体が傾

れやすいといった問題や、装置が大型になり消費エネルギーが大きといった問題がある。

【0009】更に、装置や製品のデザインを確認する場合、物体の形状のみならず色を考慮する場合が多いが、モデルの着色まで可能とする方法は少ない。特開平7-20551では、特定波長の露光に対してのみ発色する色素を含有するマイクログラブセルを3層積層偏偏し、これからの温熱物からなる薄層に3種類の波長のレーザー光を順次照射し、カラー化されたモデルを造形する方法が述べられている。しかしながらこの方法も粉体法の範疇に属するため、既に述べた粉体法の問題点を内包している。

【0010】本発明は上記課題に鑑みてなされたもので、3次元物体の造形を精度良くかつ高速に行うことができ、また物体のカラー着色が可能であり、さらに樹脂以外のセラミックス、金属を含む物体の造形も可能である。樹脂造形方法及びその装置を提供することを目的としている。

【0011】
【課題を解決するための手段】上記目的を達成するための請求項1の樹脂造形方法は、3次元物体の任意の断面形状データに基づき静電潜像を誘電体表面に形成する工程と、前記静電潜像を帯電性粉体を現像する工程と、前記帯電性粉体をシート状に形成する工程とを有し、前記帯電性粉体をステージ上にシート状帯電性粉体を積層工程を繰り返すことにより3次元物体を造形することを特徴としている。

【0012】上記方法によれば、3次元物体の任意の断面形状データに対応する帯電性粉体をシート形成工程により一旦シート状に形成するので、帯電性粉体が1枚のシートとして結合され、物体の密度が増加して強度が向上するため、積層時の形状崩れを防止することができ、精度及び強度に優れた3次元物体を造形することができ、また、静電潜像を形成する工程及び帯電性粉体を現像する工程は、電子写真の方法が適用可能であり、高速で3次元物体の一断面を形成できる。

【0013】請求項2の樹脂造形方法は、請求項1記載の樹脂造形方法において、帯電性粉体として熱可塑性樹脂からなる粉体を用い、前記帯電性粉体をシート状に形成する工程は加熱により行う、ことを特徴としている。

【0014】上記方法によれば、帯電性粉体として熱可塑性樹脂からなる粉体を用い、これを加熱するので、帯電性粉体の一部が溶融して互いに結合し、物体の密度増加により強度が向上した1枚のシートに形成される。さらに、膜厚が均一になるため、樹脂方向の精度を向上させることができるとともに、表面荒さが軽減されるので、樹脂及びその後の接合を容易かつ強固にすることができ、また、帯電性粉体は熱可塑性樹脂から任意に選定することができ、従来の光造形法のように特殊な材料

れ異なる速度で独立して行うことができる。

【0023】請求項7の樹脂造形方法は、請求項1記載の樹脂造形方法において、帯電性粉体をシート状に形成する工程は、前記帯電性粉体を前記誘電体表面に積層する中間転写体に転写する工程を複数回繰り返した後、前記中間転写体上で一度に行う、ことを特徴としている。

【0024】上記方法によれば、一度に厚い帯電性粉体層を形成できるためシート状に形成されたシート状帯電性粉体の膜厚を厚くでき、3次元物体の造形スピードが高速になる。特に3次元物体の断面形状の変化が少ない領域に対し適用可能である。またこの方法を、種々の異なる帯電性粉体若しくは色の異なる帯電性粉体に適用すると、各種造形工程について現像工程で所望量現像した後、中間転写工程で中間転写体の同一領域へ転写することにより、中間転写体の該領域上に複数層の帯電性粉体を重ね合わせることが可能となり、該領域上には所望の混合比を持つ帯電性粉体の混合層が形成される。この後、シート形成工程において帯電性粉体の混合層をシート状に形成し、このシート状帯電性粉体を順次積層すると、所望の組成比を持つ複合材料やフルカラーの3次元物体が造形でき、文字や図像を描くことも可能である。

【0025】請求項8の樹脂造形方法は、請求項6又は請求項7記載の樹脂造形方法において、帯電性粉体として少なくとも表面が熱可塑性樹脂で覆われた粉体を用い、帯電性粉体をシート状に形成する工程は、ヒートロールの加熱及び加圧により中間転写体上で行うことを特徴としている。

【0026】上記方法によれば、帯電性粉体はヒートロールの加熱及び加圧により平滑性の良いシート状に形成され、積層がより容易かつ強固になるとともに、ヒートロールと中間転写体表面との間隙を規定することにより、シート状に形成された帯電性粉体の膜厚を正確に規定することができ、樹脂方向の造形精度を向上できる。このとき、加熱及び加圧は中間転写体上で行われるので、誘電体の潜像形成に関する特性劣化を防止することができる。

【0027】請求項9の樹脂造形装置は、誘電体と、前記誘電体上に3次元物体の任意の断面形状データに基づき静電潜像を形成する潜像形成手段と、帯電性粉体を取扱い前記帯電性粉体を帯電せしめるとともに前記静電潜像を有する前記誘電体を前記帯電性粉体で現像する現象手段と、前記帯電性粉体をシート状に形成するシート形成手段と、3次元物体を現像するための移動可能なステージと、前記シート状帯電性粉体を前記ステージに転写する転写手段と、を有することを特徴としている。

【0028】上記装置によれば、3次元物体の任意の断面形状データに対応する帯電性粉体をシート状に形成し、物体の密度増加により強度を向上させた後に積層するので、積層時の形状崩れを防止することができ、このシート状帯電性粉体を順次積層することにより精度及び

を使用する必要がある。

【0015】請求項3の樹脂造形方法は、請求項1記載の樹脂造形方法において、帯電性粉体として熱可塑性樹脂が金属若しくはセラミックス若しくは非熱可塑性樹脂を含む方法とする粉体を用い、前記帯電性粉体をシート状に形成する工程は加熱により行う、ことを特徴としている。

【0016】上記方法によれば、帯電性粉体として熱可塑性樹脂が金属若しくはセラミックス若しくは非熱可塑性樹脂を包含している粉体を用い、これを加熱すると、少なくとも帯電性粉体の表面の一部が溶融して互いに結合し、物体の密度増加により強度が向上した1枚のシートに形成される。従って、帯電性粉体内に包含されたこれらの材料を主成分とする3次元物体の造形が可能となる。帯電性粉体は、粉体表面さえ絶縁性であればよいので、金属のような非帯電性の材料であっても表面を帯電性樹脂で覆うことにより、金属を主成分とする3次元物体の造形が可能となる。

【0017】請求項4の樹脂造形方法は、請求項1記載の樹脂造形方法において、帯電性粉体として任意の色に着色された粉体を用いる、ことを特徴としている。

【0018】上記方法によれば、帯電性粉体として、樹脂粉体に顔料などによる着色を施した粉体を使用することにより、3次元物体のカラー化が容易に実現でき、造形する3次元物体の外観をより良好に再現できる。

【0019】請求項5の樹脂造形方法は、請求項1記載の樹脂造形方法において、帯電性粉体に帯電制御剤を含ませて用いることを特徴としている。

【0020】上記方法によれば、帯電制御剤を導入することにより帯電性粉体の比電荷（帯電量÷質量）を制御することができ、これは、ある静電潜像に対し現像される粉体の質量を制御することにも他ならないので、現像後に誘電体上に形成される帯電性粉体の層の厚さを制御でき、3次元物体の造形精度を維持することができ、

【0021】請求項6の樹脂造形方法は、請求項1記載の樹脂造形方法において、帯電性粉体をシート状に形成する工程は、前記帯電性粉体を前記誘電体上に積層する中間転写体に転写した後、前記中間転写体上で行うことを特徴としている。

【0022】上記方法によれば、誘電体上の現像された帯電性粉体を一旦中間転写体に転写し、請求項1の樹脂造形方法においては潜像形成工程、現像工程に続いて誘電体上で行われるシート状に形成する工程を中間転写体上で行うことにより、シート状に形成する工程（例えば加熱）による誘電体の特性劣化を防止することができ、造形精度を維持することができ、また、誘電体と中間転写体との接合を、同時に解除すれば、その間は誘電体と中間転写体が同一速度で移動する必要がなく、誘電体上で行われる潜像形成工程及び現像工程と、中間転写体上で行われるシート形成工程及び転写工程とを、それぞれ

強度に優れた3次元物体を造形することができる。また、静電画像を形成し、これを帯電性粉体で現像する構成としては、電子写真において使用される構成が適用可能であり、高速で3次元物体の一断面を形成できるとともに低コスト化が図れる。

【0029】請求項10の積層造形装置は、誘電体と、前記誘電体上に3次元物体の任意の断面形状データに基づく静電画像を形成する画像形成手段と、帯電性粉体を吸引し前記帯電性粉体を帯電せしめるとともに前記静電画像を有する前記誘電体を前記帯電性粉体で現像する現像手段と、前記誘電体に隣接する中間転写体と、前記誘電体表面に移動した帯電性粉体を前記中間転写体に転写する中間転写手段と、前記中間転写体上の帯電性粉体をシート状に形成するシート形成手段と、3次元物体を載せるための移動可能なステージと、前記シート状帯電性粉体を前記ステージに転写する転写手段と、有することを特徴としている。

【0030】上記装置によれば、中間転写体と中間転写手段を直に設けたことにより、誘電体上の帯電性粉体は一旦中間転写体に転写され、この上でシート形成手段により加熱または加圧等によりシート状に結合されるので、誘電体の特性劣化を防止することができ、造形精度を維持することができる。また、誘電体と中間転写体の接合を一時的に解除すれば、その間は誘電体と中間転写体が同一速度で移動する必要がなく、誘電体上で行われる造像形成及び現像と、中間転写体上で行われるシート形成及びステージへの転写とを、それぞれ異なる速度で独立して行うことができる。

【0031】請求項11の積層造形装置は、請求項9又は請求項10記載の積層造形装置において、誘電体は感光性粉体からなり、画像形成手段は、前記感光性を一様に帯電させる初期帯電手段と、3次元物体の任意の断面形状データに基づいて前記感光性に選択的に光を照射する露光手段とからなり、ことを特徴としている。

【0032】上記装置によれば、誘電体として感光性を用いているため、誘電体上に3次元物体の任意の断面形状データに基づいて静電画像を形成するための初期帯電手段及び露光手段として従記現写機などにおいて実績の多い部品が利用可能となり、実用的で装置の低コスト化が図れる。

【0033】請求項12の積層造形装置は、請求項11記載の積層造形装置において、露光手段は、レーザービームの走査により光照射を行うことを特徴としている。

【0034】上記装置によれば、デジタル複写機やレーザービームプリンタなどにおいて静電画像を形成するために用いられた実績の多いレーザービームを用いるため、実用的で装置の低コスト化を図れるとともに高速造像が可能となる。

【0035】請求項13の積層造形装置は、請求項9又は請求項10記載の積層造形装置において、現像手段を

複写機具備し、任意の前記現像手段を選択可能とする選択手段を有することを特徴としている。

【0036】上記装置によれば、各現像手段に異なる帯電性粉体を供給しておき、任意の現像手段を選択して誘電体上に形成された静電画像を現像することにより、材質の異なる帯電性粉体や色の異なる帯電性粉体による像形成を同時に切り替えたり、または複数種類の帯電性粉体を任意に混合して3次元物体を造形することが可能となる。

【0037】請求項14の積層造形装置は、請求項10記載の積層造形装置において、誘電体と、画像形成手段と、現像手段と、中間転写手段とからなる粉体層形成転写部を複数具備し、各粉体層形成転写部において形成された帯電性粉体の像が共通の中間転写体に連続的に転写されるよう前記各粉体層形成転写部を配置する、ことを特徴としている。

【0038】上記装置によれば、各粉体層形成転写部において形成された帯電性粉体の像が共通の中間転写体に連続的に転写されるよう前記各粉体層形成転写部を配置するので、材質の異なる帯電性粉体や色の異なる粉体を任意に混合して極めて高速に3次元物体を造形することができる。

【0039】請求項15の積層造形装置は、請求項10記載の積層造形装置において、中間転写体はポリイミドを基材とし、表面にシリコーン樹脂若しくはフッ素樹脂をコーティングした、ことを特徴としている。

【0040】上記装置によれば、中間転写体はポリイミド樹脂を基材としているので、絶縁性及び耐久性に優れており、しかも伸縮しにくく高温に耐えることができる。さらに、ポリイミド樹脂の表面に離型剤としてシリコーン樹脂又はフッ素樹脂をコーティングしたので、シート状帯電性粉体と密着せず離型性が良いため、ステージ上の3次元物体にシート状帯電性粉体を容易に転写することができる。

【0041】請求項16の積層造形装置は、請求項10記載の積層造形装置において、帯電性粉体は少なくとも表面が熱可塑性樹脂で覆われた粉体であり、シート形成手段は中間転写体を挟むように配置した一対のヒートロールからなり、前記ヒートロール間の間隔を変更するロール間隔変更手段を有することを特徴としている。

【0042】上記装置によれば、中間転写体上の帯電性粉体はヒートロールの加熱及び加圧により平滑性の良いシート状に形成され、積層がより容易かつ強固になるとともに、ヒートロール間の間隔が変更可能であることから、シート状に形成された帯電性粉体の膜厚を正確に規定することができ、積層方向の造形精度を向上させることができる。

【0043】請求項17の積層造形装置は、請求項9又は請求項10記載の積層造形装置において、ステージは、誘電体又は中間転写体の移動に対して、同一方向に

同一速度で移動可能であることを特徴としている。

【0044】上記装置によれば、シート状帯電性粉体をステージ上の3次元物体に転写する際、ステージ自体が誘電体若しくは中間転写体と同一方向に同一速度で移動可能なので、転写を行うために十分な間隔にわたってステージと誘電体若しくは中間転写体を挟むことができ、誘電体や中間転写体を一旦停止する必要が無いので、高速に3次元物体を積層することが可能となる。

【0045】
【発明の実施の形態】以下、本発明に係る積層造形方法の実施の形態の一例について、図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の積層造形方法における各工程を示す概念説明図である。本発明の積層造形方法は、3次元物体の任意の断面形状データに基づく静電画像を誘電体表面に形成する工程と、前記静電画像を帯電性粉体で現像する工程と、前記帯電性粉体をシート状に形成する工程と、前記シート状帯電性粉体をステージに転写する工程とを有し、これらの各工程を繰り返してステージ上にシート状帯電性粉体を積層することにより3次元物体を造形するものである。

【0046】すなわち上記各工程は、先ず、積層表面方向にある程度の奥行きを有する誘電体1上に、3次元物体の任意の断面形状データに対応した2次元静電画像2を形成する(図1(a))。次に、帯電性粉体3を吸引した現像手段4を準備しこの中で帯電させた帯電性粉体を誘電体1上の静電2に逆接させながら静電全体を現像し、誘電体1表面に帯電性粉体3が付着した状態にする(図1(b))。続いて、帯電性粉体をシート状に形成する工程として、例えば、帯電性粉体3として熱可塑性樹脂の粉体を使用した場合、誘電体1表面をヒートロール6で押圧すると、あらかじめ定められた誘電体1とヒートロール6との間の間隔に帯電性粉体3が圧延され、粉体がシート状に結合し1枚のシート状帯電性粉体3'となる(図1(c))。そして、3次元物体を載せるためのステージ7を上昇させ、シート状帯電性粉体3'に圧着し、既に形成されている3次元物体8の下層部分に積層する(図1(d))。以上の工程を繰り返すことにより、最終的に所望の3次元物体を造形する。

【0047】上記シート状に形成されたシート状帯電性粉体3'は、1枚のシートとして結合され、物体の密度増加により強度が向上するので、積層時の形状崩れを防止することができる。また、ヒートロール6と誘電体1の間隔を予め規定することにより、ヒートロール6の加熱及び加圧により形成されるシート状帯電性粉体3'の膜厚を正確に規定できるとともに、積層方向の膜厚を向上させることができるとともに、表面流きが軽減されるので、積層及びその後の接合を容易かつ強固にすることができる。従って、このシート状帯電性粉体3'を積層することにより精度及び強度に優れた3次元物体を造形することができる。

【0048】熱可塑性樹脂の粉体をシート状に形成する方法としては、ヒートロールにより加熱及び加圧する方法以外に、ランプヒーターの輻射熱やドライヤーの温風による加熱等が考えられる。これらの場合においても、加熱により熱可塑性樹脂の粉体が溶融して粉体層の間隙が埋まると、物体の密度が増加して強度が向上し、積層時の形状崩れを防止することができ、また、このとき、帯電性粉体層の誘電体側の面は誘電体の表面に合うため平滑になり、一方の表面側は溶融樹脂の表面張力により隙い平滑になるため、積層及びその後の接合を容易かつ強固にすることができる。

【0049】上記静電画像を形成する工程及び帯電性粉体で現像する工程は、電子写真の方法が適用可能であり、高速で3次元物体の一断面を形成できる。また、帯電性粉体として、セラミックス・金属などを帯電性樹脂で包含したものを用いると、これらの材料を主成分とする3次元物体の造形が可能となる。さらに、帯電性粉体に着色を施すことにより、3次元物体のカラー化が可能となる。

【0050】次に、本発明に係る積層造形装置の実施の形態の一例について、図面を参照しながら説明する。図2は、本発明に係る積層造形装置の構成説明図である。図2に示す積層造形装置は、誘電体11と、誘電体11上に3次元物体の任意の断面形状データに基づく静電画像を形成する画像形成手段15と、帯電性粉体を吸引しその帯電性粉体を帯電せしめるとともに静電画像を行す前記誘電体11を帯電性粉体で現像する現像手段10と、帯電性粉体をシート状に形成するシート形成手段14と、3次元物体を載せるための移動可能なステージ7と、シート状帯電性粉体を前記ステージに転写する転写手段16と、を備えている。現像手段10は、帯電性粉体を吸引しその帯電性粉体を帯電せしめる現象器12と、この現象器12に高電圧を印加する現象電源13とから構成されている。

【0051】上記積層造形装置によれば、3次元物体の断面形状データに基づいて誘電体11上に形成された帯電性粉体は、シート形成手段14として例えば誘電体11を挟むよう配置した一対のヒートロールを用いた場合、シート形成手段14において1枚のシートとして結合され、物体の密度増加により強度が向上するので、積層時の形状崩れを防止することができる。また、ヒートロール間の間隔を予め規定することにより、ヒートロールの加熱及び加圧により形成されるシート状帯電性粉体3'の膜厚を正確に規定できるとともに、積層方向の膜厚を向上させることができるとともに、表面流きが軽減されるので、積層及びその後の接合を容易かつ強固にすることができる。従って、このシート状帯電性粉体3'を積層することにより、精度及び強度に優れた3次元物体を造形できる。

【0052】上記静電画像を形成し帯電性粉体で現像す

15
[0066] また、2種以上の異なるセラミックス32をそれぞれ熱可塑性樹脂31で包合した帯電性粉体3をあらかじめ秤量して、現像器12中で混合しておけば、所望の組成比を持つセラミックス混合物が造形できる。また、セラミックスの替わりに金属を熱可塑性樹脂31で包合した帯電性粉体を用いると、同様に金属を主成分とする3次元物体が造形できる。この場合も、一旦3次元物体を造形した後高温で焼結すれば、材料固有の質感及び電気的特性により近く、強度に優れた物体が造形できる。

[0067] (実施例3) 本発明に係る積層造形方法及びその装置の他の実施例を図6を用いて説明する。実施例1及び2と異なる点は、図6に示すように顔料33などで着色された熱可塑性樹脂粉体を帯電性粉体3として用いた点である。熱可塑性樹脂粉体を顔料など着色することは、カラープリンタ等におけるトナーの着色等において実績があり、既存技術で容易に行うことができる。先行技術で述べた光硬化性樹脂を用いる方法においては、3次元物体の色は硬化後の樹脂の色で決まると、一般には黄色ないし乳白色をしており、これを変えるのは困難である。これに対して、本実施例によれば所望の色（例えば赤、青、黄等）に着色された3次元物体を造形することが可能となる。

[0068] (実施例4) 本発明に係る積層造形方法及びその装置の他の実施例を図7を用いて説明する。図に示す積層造形装置は、感光体ドラム17の帯電性粉体3と、感光体ドラム17に静電画像を形成する潜像形成手段15と、帯電性粉体を収納しこれを帯電させる現像電源12と、帯電性粉体を収納しこれを帯電させる現像電源12と、現像器12に高電圧を印加する現像電源13と、感光体ドラム17に隣接する中間転写体18と、感光体ドラム17表面に移動した帯電性粉体を中間転写体18に転写する中間転写手段19と、中間転写体18上の帯電性粉体をシート状に形成するシート形成手段14と、3次元物体を載せるための移動可能なステージ7と、シート状帯電性粉体をステージ7に転写する転写手段16、とを備え、さらに、複数の現像器12のうちいずれか1つを任意に選択可能な選択手段41とを備えている。この選択手段41によって複数の現像器12のうちいずれか1つを選択することにより、現像電源13は選択された現像器12と接続され、静電画像を有する感光体ドラム17を帯電性粉体で現像する現像手段10となるので、上記積層造形装置は現像器12と同数の4つの現像手段10を備えた構成となっている。従って、現像手段13を4つ設けた場合、図12に対応するよう接続した場合は同数の構成となる。

[0069] 4つの現像器12は、それぞれ顔料により黄色(Y)、マゼンダ(M)、シアンの(C)、白色(W)に着色された熱可塑性樹脂の粉体を収納して円筒状に配置されており、選択手段41は、これらを回転させて、ステージ7上の3次元物体8の下層部分にシート状帯電性粉体3を配列させるが、ここでは簡略化して示している。

[0070] 上記のように感光体ドラム17から中間転写体18へ帯電性粉体3が4回行われたあと、シート形成手段14により上記帯電性粉体層を1度シート状に形成し、所望の色のシート状帯電性粉体を得る。このとき、シート状帯電性粉体は所望の色に着色されているとともに、実施例1乃至実施例3と同様、粉体層の状態で内部に多数存在した空気泡が溶融した一部の樹脂で充填され、1枚のシートとして強固に結合される。そして、ステージ7を上昇移動させ、転写手段16によりステージ7上の3次元物体8の下層部分にシート状帯電性粉体3を配列させるが、ここでは簡略化して示している。

[0071] 上記のように感光体ドラム17から中間転写体18へ帯電性粉体3が4回行われたあと、シート形成手段14により上記帯電性粉体層を1度シート状に形成し、所望の色のシート状帯電性粉体を得る。このとき、シート状帯電性粉体は所望の色に着色されているとともに、実施例1乃至実施例3と同様、粉体層の状態で内部に多数存在した空気泡が溶融した一部の樹脂で充填され、1枚のシートとして強固に結合される。そして、ステージ7を上昇移動させ、転写手段16によりステージ7上の3次元物体8の下層部分にシート状帯電性粉体3を配列させるが、ここでは簡略化して示している。

[0072] 次に、感光体ドラム17上にマゼンタの濃度分布に相当する潜像を形成し、選択手段41によりマゼンタ(M)の現像器12に切り替えてマゼンタの帯電性粉体3で現像する。そして中間転写体18との分布と同じ位置になり、先ほどの黄色の帯電性粉体3の上にマゼンタの帯電性粉体3を重ね合うように転写する。以下同様、シアンの白色の帯電性粉体を中間転写体18上の同一位置に重ねあわせ、4種類の粉体の混合物からなる帯電性粉体層を形成する。

[0073] 上記混合された帯電性粉体層の表面の境子を図8に示す。図8(b)の拡大図に示すように、帯電性粉体層は、黄色粉体52、マゼンダ粉体53、シアンの粉体54、白色粉体55の各色の帯電性粉体が混合されて形成されている。実際には、各帯電性粉体は略球体であるため、上側から見た場合粒と粒の間の下層部分には他の粒が配置されるが、ここでは簡略化して示している。

性粉体を転写・積層し、上記操作を繰り返してフルカラーの3次元物体が造形される。

[0075] 尚、上記説明においては、1枚のシート状帯電性粉体を形成する際に4色を混合してフルカラーを再現しているが、例えば図9(a)に示すように、物体の側面について所望の色を再現する場合、その色を再現するための各色の混合比が例えばY:M:C:W=1:1:1:1である場合、各単色のシート状帯電性粉体3'をそれぞれ形成して積層し、複数のシート状帯電性粉体3'によって所望の色を再現することとしてよい。何層なら、各層は数十μmの薄層であるため、離れた位置から肉眼で見れば各層を区別できないからである。この場合は、各シート状帯電性粉体の形成について、その部毎各色の混合比を算出する必要がなく、造形工程の煩雑性を低減することができる。

[0076] また、図9(b)に示すように、同じく物体の側面について、例えば白色の背景に黄色の円形を描きた場合、黄色の円形描画部分の存在するシート状帯電性粉体3'aについては、円形描画領域については黄色の帯電性粉体を用い、それ以外の領域については白色の帯電性粉体を用いて帯電性粉体層を形成した後シート状に形成し、黄色の円形描画部分の存在しないシート状帯電性粉体3'bについては、白色単色の帯電性粉体のみでシート状帯電性粉体を形成すればよい。ただし、図9(a)、(b)いずれについても、層上層、または最下層のシートについては、そのシートについて各色を混合して所望の色を再現する必要がある。

[0077] 尚、本実施例においては、黄色、マゼンダ、シアン、白の4色の粉体を用いたが、これに黒色を加えた5色を用いて混合を行うと、更に鮮やかなフルカラーの着色を施すことができる。また別の色の組み合わせで行ってもよい。特にフルカラーでなくともよい場合は、例えば2種類の着色された帯電性粉体を用いれば良い。更に3次元物体の表面の色のみ注目する場合は、断面データのうち周囲の領域のみ着色された帯電性粉体を用い、内部領域は無色の帯電性粉体を用いてもよい。

[0078] (実施例5) 本発明に係る積層造形方法及びその装置の他の実施例について説明する。本実施例は、実施例4と同様の積層造形装置(図6)を用い、複数の現像器12にそれぞれ図5に示すような異なるセラミックス32または金属を熱可塑性樹脂31で包合した帯電性粉体を収納し、これらを選択手段41により適宜選択して現像する。この構成により、場所によって成分や組成比の異なる3次元物体が造形可能であり、例えば一層が金属で他層がセラミックスで中間は組成が徐々に変わるような構など容易に造形できる。

[0079] (実施例6) 本発明に係る積層造形方法及びその装置の他の実施例を図10を用いて説明する。図に示す積層造形装置は、感光体ドラム17と、潜像形成

手段15と、現像器12及び現像電源13とからなる現像手段10と、中間転写手段19とから構成される粉体層形成手段70を複数備えており、各現像器12には例えば黄色、マゼンダ、シアン、白色に着色された各帯電性粉体を収納している。そして、各感光体ドラム17の中間転写体18と回転のタイミングを合わせながら、黄色、マゼンダ、シアン、白色の順に各色の混合比に対応する潜像を形成し、各色の帯電性粉体で現像し、中間転写体18の同一位置へ中間転写することにより、中間転写体18上に所望の混合比の帯電性粉体層が形成される。実施例4に対して、現像器12だけでなく感光体ドラム17、潜像形成手段15、現像電源13、中間転写手段19を含む粉体層形成手段70が複数存在するため、中間転写体18の1回転の間に4種類の帯電性粉体を重ねあわせることが可能となり、高速化が可能である。

[0080] 更に、本装置は、ステージ7が紙面上下方向だけでなく、中間転写体18の移動方向と同一方向に同一速度で移動可能な機構を有しており、この移動長に対応してヒーターなどの転写手段16も長く形成する。そして、中間転写体18をステージ7と接しなから移動させると同時に転写手段16により加熱することにより、ステージ7の移動可能範囲内でシート状帯電性粉体の3次元物体8への転写、積層を完了させ、帯電性粉体18を停止させる必要がなく、一層当たりの造形速度を数倍以内に非常に高速にできた。

[0081] (発明の効果) 本発明の積層造形方法及びその装置によれば、所望形状の3次元物体を造形する際、各断面形状データに基づいて形成した帯電性粉体層をシート状に形成して積層するため、精度及び強度に優れた3次元物体を高速に造形できる。材質についても、プラスチック樹脂だけでなく金属やセラミックを主体とする物体や、これらに任意の着色を施すことができるため、フルカラーの3次元物体を造形できる。さらに、本装置の基本構成は電子写真方式のプリンタをベースにしているため、低コスト化が可能である。

[図面の簡単な説明]

[図1] 本発明の積層造形方法及びその装置を示す概念説明図である。

[図2] 本発明の積層造形装置の構成説明図である。

[図3] 本発明の積層造形装置の他の構成説明図である。

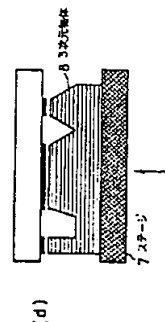
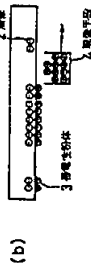
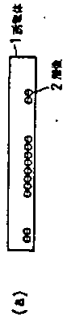
[図4] 本発明の積層造形方法及びその装置の工程及び構成説明図である。

[図5] 本発明の積層造形方法及びその装置において用いられる帯電性粉体の構造例を示す断面図である。

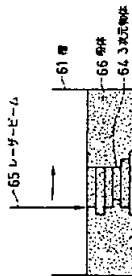
[図6] 本発明の積層造形方法及びその装置において用いられる帯電性粉体の他の構造例を示す模式図である。

【図7】本発明の積層造形装置の構成説明図である。
【図8】複数の帯電性粉体が混合された帯電性粉体層を示す模式図である。
【図9】本発明の積層造形方法により造形される3次元物体の側面を示す模式図である。
【図10】本発明の積層造形装置の構成説明図である。
【図11】従来の光造形法を示す説明図である。
【図12】従来の粉末地下硬化法を示す説明図である。
【符号の説明】
1…誘電体、2…潜像、3…帯電性粉体、3'…シート状帯電性粉体、4…現像手段、6…ヒートロー

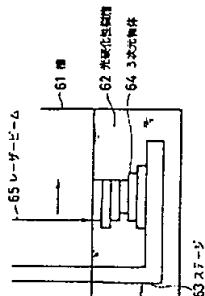
【図11】



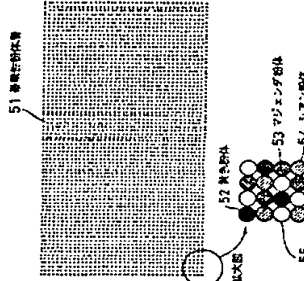
【図12】



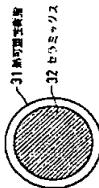
【図11】



【図8】



【図5】

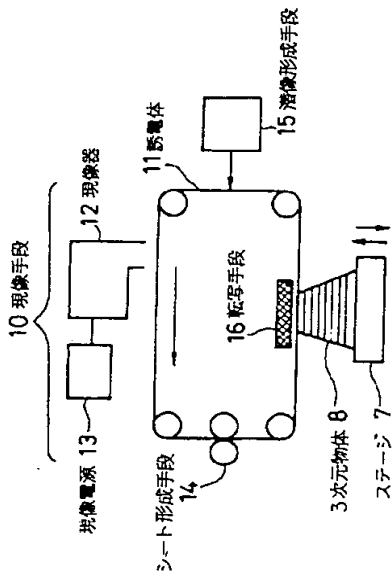


【図6】

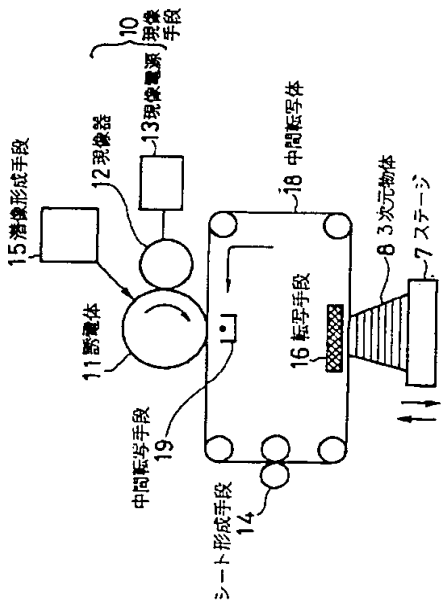


ル、7…ステージ、8…3次元物体、10…現像手段、11…誘電体、12…現像器、13…現像電源、14…シート形成手段、15…潜像形成手段、16…転写手段、17…感光体ドラム、18…中間転写手段、19…中間転写手段、21…コロトロ

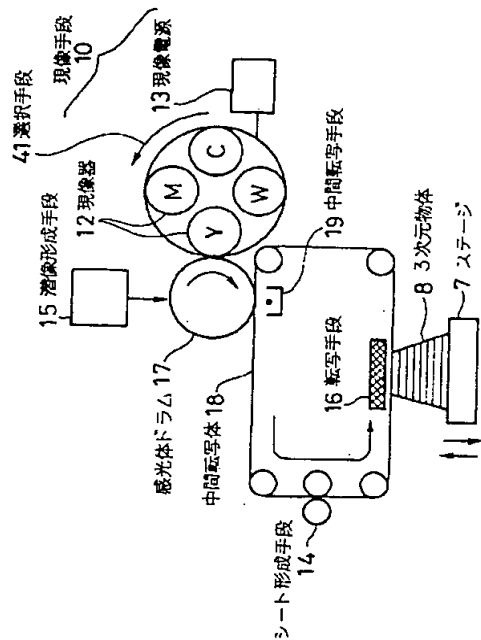
【図2】



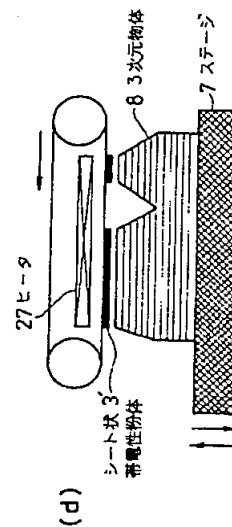
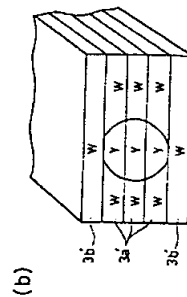
【図3】



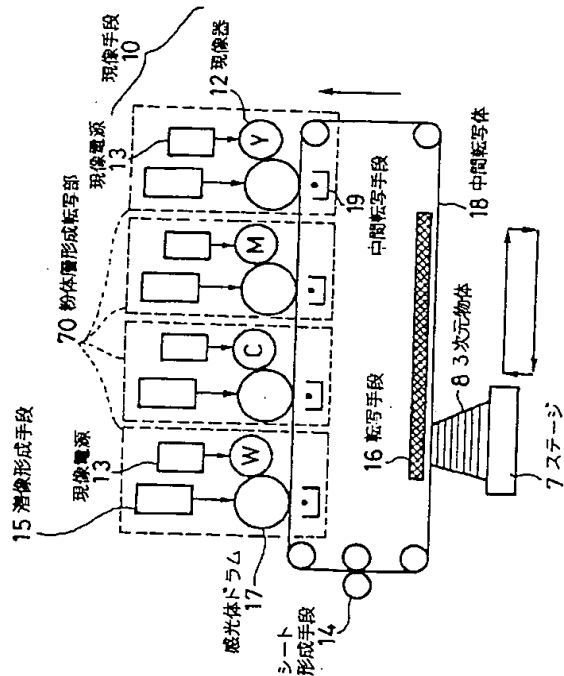
【图7】



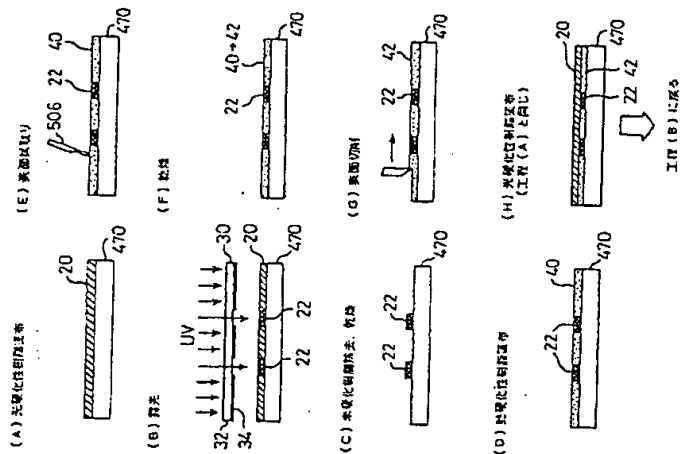
(a)



【図10】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 川俣 進一
神奈川県足柄上郡中井町堀430クリーンテ
クなかい 富士ゼロックス株式会社内

(72)発明者 福田 雄一
神奈川県足柄上郡中井町堀430クリーンテ
クなかい 富士ゼロックス株式会社内

[0045]

[EMBODIMENTS OF THE INVENTION]

One embodiment of the laminated object building method according to the present invention will be described with reference to drawing. Figure 1 is a conceptual diagram for explaining processing steps in the laminated object building method of the present invention. The laminated object building method of the present invention comprises the steps of: forming an electrostatic latent image on the surface of a dielectric member, based on arbitrarily taken cross sectional shape data of a three dimensional object; developing the electrostatic latent image with electrically charged powder; shaping the electrically charged powder in the form of a sheet; and transferring the charged powder sheet to a stage. A three dimensional object is built by repeating these steps and transferring the charged powder sheets one on top of another onto the stage.

[0046] To describe the process step by step, first a two dimensional electrostatic latent image 2 corresponding to arbitrarily taken cross sectional data of a three dimensional object is formed on a dielectric member 1 having a predefined depth in a direction perpendicular to the plane of the page (Figure 1(a)). Then, a developing means 4 containing an electrically chargeable powder 3 is prepared and, by bringing the powder 3 electrically charged therein into close proximity to the electrostatic image 2 on the dielectric member 1, the entire electrostatic image is developed with the charged powder 3 which adheres to the surface of the dielectric member 1 (Figure 1(b)). Next, in the step of shaping the charged powder in the form of a sheet, when a thermoplastic resin powder is used as the

charged powder 3, for example, a heat roll 6 is pressed against the surface of the dielectric member 1 to roll the charged powder 3 through a predetermined gap between the dielectric member 1 and the heat roll 6, and the powder particles are thus bonded in the form of a sheet, forming a single charged powder sheet 3' (Figure 1(c)). Then, a stage 7 for holding the three dimensional object thereon is moved upward and pressed against the charged powder sheet 3' which is thus overlaid onto the already formed portion of the three dimensional object 8 (Figure 1(d)). By repeating the above steps, the three dimensional object of the final desired shape is built.

[0047] Since the charged powder 3' shaped in the form of a sheet is bonded as a single sheet and has an increased strength because of increased density as a substance, the shape can be prevented from being lost when overlaid one on top of another. Further, by predetermining the gap between the heat roll 6 and the dielectric member 1, it becomes possible to precisely control the thickness of the charged powder sheet 3' formed by the heat and pressure of the heat roll 6; since this not only improves accuracy in the overlaying direction but also reduces surface roughness, the overlaying and the subsequent bonding can be made easy and strong. Accordingly, by overlaying the charged powder sheets 3' one on top of another, a three dimensional object having excellent precision and strength can be built.

[0048] Besides the method that applies heat and pressure using a heat roll, heating methods involving the use of the radiation heat of a lamp heater or hot air of a dryer may be employed as the method for shaping a powder of thermoplastic resin in the form of a sheet. In such cases also, since the thermoplastic resin powder is melt by heating and gaps between powder particles are filled with the

molten resin, the density of the substance increases, increasing the strength and preventing the shape from being lost when overlaid one on top of another. Further, at this time, the dielectric member-side surface of the charged particle layer becomes smooth since it conforms to the surface of the dielectric member, and the other surface also becomes smooth because of the surface tension of the molten resin; accordingly, the overlaying and the subsequent bonding can be made easy and strong.

[0049] Electrophotographic steps can be applied to the step of forming the electrostatic latent image and the step of developing it with charged powder, in which case a cross section of a three dimensional object can be formed at high speed. If ceramics, metals, or other materials coated with an electrically chargeable resin are used as the charged powder, three dimensional objects composed principally of these materials can be built. Furthermore, by coloring the electrically chargeable powder, a colored three dimensional object can be built.

[0050] Next, one embodiment of the laminated object building apparatus according to the present invention will be described with reference to drawing. Figure 2 is a diagram for explaining the construction of the laminated object building apparatus according to the present invention. The laminated object building apparatus shown in Figure 2 comprises: a dielectric member 11; a latent image forming means 15 for forming an electrostatic latent image on the dielectric member 11, based on arbitrarily taken cross sectional shape data of a three dimensional object; a developing means 10 for containing electrically chargeable powder, and for electrically charging the electrically chargeable powder and applying the electrically charged powder onto the dielectric member

11 to develop the electrostatic image formed thereon; a sheet forming means 14 for shaping the charged powder in the form of a sheet; a movable stage 7 for holding thereon a three dimensional object; and a transfer means 16 for transferring the charged powder sheet to the stage. The developing means 10 comprises a developing unit 12 for containing the electrically chargeable powder, and for charging the electrically chargeable powder, and a developer power supply 13 for applying a high voltage to the developing unit 12.

[0051] According to the above laminated object building apparatus, when a pair of heat rolls arranged in such a manner as to sandwich the dielectric member 11 are used as the sheet forming means 14, for example, the charged powder particles applied to the dielectric member 11 based on the cross sectional shape data of the three dimensional object are bonded together as a single sheet by the sheet forming means 14, which increases the strength because of increased density of the substance and thus prevents the shape from being lost when overlaid one on top of another. Further, by predetermining the gap between the heat rolls, it becomes possible to precisely control the thickness of the charged powder sheet 3' formed by the heat and pressure of the heat rolls; since this not only improves the accuracy in the overlaying direction but also reduces surface roughness, the overlaying and the subsequent bonding can be made easy and strong. Accordingly, by overlaying the charged powder sheets 3' one on top of another, a three dimensional object having excellent precision and strength can be built.

[0052] Means for forming the electrostatic latent image and developing it with charged powder can be constructed using corresponding means used in electrophotography, in which case a cross section of a three dimensional object

can be formed at high speed. If ceramics, metals, or other materials coated with an electrically chargeable resin are used as the electrically chargeable powder, three dimensional objects composed principally of these materials can be built. Furthermore, by coloring the electrically chargeable powder, a colored three dimensional object can be built.

[0053] Each component member will be described below by way of example. The dielectric member 11 is basically an insulator; for example, a flexible sheet-like insulating belt is used. Examples of the latent image forming means 15 include a means that induces an electrostatic charge on the dielectric surface by electric discharge by applying a high voltage to a needle electrode array (a multi-stylus head), a means that sprays an ion flow while turning it on and off using a modulating electrode (ionography), and when a photoconductor is used as the dielectric member 11, a means that charges the photoconductor by selectively projecting light based on the cross sectional shape data of the three dimensional object. An appropriate means can be selected according to the dielectric member 11 used. A more practical construction can be realized if a construction proven in electrophotography, etc. is used, that is, if a photoconductor is used as the dielectric member 11 and if the latent image forming means 15 is constructed from means having an initial charging means for uniformly charging the photoconductor and an exposure means for selectively projecting light based on the cross sectional shape data of the three dimensional object. A container or the like that can frictionally charge the powder by stirring the powder therein can be used as the developing unit 12. For the developer power supply 13, a high voltage DC power supply of several hundred volts to several kilovolts or a power supply that superimposes an alternating voltage on it can be used.

[0054] For the sheet forming means 14, when a powder of thermoplastic resin is used as the electrically chargeable powder, it is only required that the means be constructed to be able to shape a collection of charged powder in the form of a sheet by pressure or by heating; therefore, besides the earlier described means that applies pressure and heat using a pair of heat rolls, means that uses the radiation heat of a lamp heater or hot air of a dryer for heating can be used as the sheet forming means 14, but when employing the means that uses a pair of heat rolls, it is preferable to further provide a means for adjusting the gap between the heat rolls, because the thickness of the charged powder sheet can then be precisely controlled according to the purpose and the accuracy of object building in the overlaying direction can thus be enhanced. As the stage 7, a member can be used that can hold the three dimensional object thereon and that has a mechanism capable of moving at least in vertical directions in the plane of the page. As the transfer means 16, a means can be used that can apply heat or electrostatic force to press or transfer a new sheet onto the uppermost layer of the three dimensional object.

[0055] Next, another embodiment of the laminated object building apparatus according to the present invention will be described with reference to Figure 3. Figure 3 differs from Figure 2 in that an intermediate transfer member 18 rotating in the same direction and at the same speed as the dielectric member 11 is provided adjacent to the dielectric member 11, and in that an intermediate transfer means 19 is provided that transfers the charged powder adhering to the surface of the dielectric member 11 onto the intermediate transfer member 18. The charged powder image formed on the dielectric member 11 is first transferred by the intermediate transfer means 19 onto the intermediate transfer member 18,

and then the charged powder transferred to the intermediate transfer member 18 is shaped in the form of a sheet by the sheet forming means 14. A dielectric belt with a polyimide film base, for example, is preferably used as the intermediate transfer member 18. A discharge device such as a corotron can be used as the intermediate transfer means 19.

[0056] According to the above-described laminated object building apparatus, with the inclusion of the intermediate transfer member 18 and the intermediate transfer means 19, the charged powder on the dielectric member 11 is first transferred to the intermediate transfer member 18, and the charged powder particles on the intermediate transfer member 18 are bonded together in the form of a sheet by heating or pressure using the sheet forming means 14; this arrangement serves to prevent deterioration of the latent image forming characteristics of the dielectric member 11 and to maintain object building precision. Further, when the dielectric member 11 is temporarily disconnected from the intermediate transfer member 18, the dielectric member 11 and the intermediate transfer member 18 need not be moved at the same speed during that period, so that the latent image formation and development on the dielectric member 11 and the sheet formation on the intermediate transfer member and the transfer from the intermediate transfer member to the stage 7 can be performed independently at different speeds.

[0057] More specific embodiments of the laminated object building method and apparatus according to the present invention will be described below with reference to relevant drawings.

(Embodiment 1) An embodiment of the laminated object building method and apparatus according to the present invention will be described with reference to

Figure 4. First, a photoconductor drum 17, similar to that used in an electrophotographic copier or printer, is provided as the dielectric member.

Then, an electrostatic latent image is formed on the photoconductor drum 17 by using a latent image forming means 15 consisting of a corotron 21 as an initial charging means and a laser beam 22 as an exposure means. Initially, while rotating the photoconductor drum 17, the photoconductor drum 17 is uniformly charged by the corotron 21. In this embodiment, an organic photoconductor was used, and the photoconductor drum was charged to a surface potential of about -700 V. Next, when the laser beam 22 is modulated and scanned according to the cross sectional shape data of the three dimensional object, a photocharge occurs in the area on the photoconductor drum 17 exposed to the laser beam and the initial charge is neutralized in that area; in this way, an electrostatic latent image corresponding to the cross sectional shape data of the three dimensional object is formed (Figure 4(a)). As the exposure means, a one dimensional light emitting diode or a one dimensional liquid crystal shutter array (the so-called image bar) may be used instead of modulating and scanning the laser beam.

[0058] Next, a developing unit 12 for containing electrically chargeable powder and for electrically charging the powder is provided. Developing means 10 is constructed by connecting a developer power supply 13 to the developing unit 12.

A thermoplastic resin (composed principally of polystyrene, butadiene, polyester, or the like) pulverized to particles 10 μm to a few hundred μm in diameter should preferably be used as the electrically chargeable powder; if it is desired to build the object at higher speed, it is preferable to use powder of larger particle size to increase the per-layer film thickness, and if the accuracy in the

film thickness direction is a major consideration, it is preferable to use powder of smaller particle size. Instead of varying the particle size of the powder to increase or decrease the per-layer thickness, the voltage applied for the latent image formation, the specific charge of the charged powder, or the voltage of the developer power supply may be controlled to increase or decrease the number of toner deposition layers. In the present embodiment, powder of an average particle size of 50 μm was used.

[0059] In the developing unit 12, the electrically chargeable powder and magnetic carrier were mixed together and stirred to electrically charge the electrically chargeable powder 3. When this mixture is brought close to the photoconductor drum 17 on which the electrostatic latent image has been formed, and at the same time, -500 V as a developing bias voltage is applied from the developer power supply 13 to the developing unit 12, the charged powder 3 is transferred to the surface of the photoconductor drum 17 to develop the image (Figure 4(b)). In the present embodiment, the charged powder 3 when developed was formed on average in three layers on the photoconductor drum 17 by adjusting developing parameters such as the amount of charge and the developing bias voltage.

[0060] Next, a polyimide-based dielectric belt 25 was provided as the intermediate transfer member, and disposed in close proximity to the photoconductor drum 17; then, while rotating the dielectric belt 25 in the same direction and at the same speed as the photoconductor drum 17, the charged powder 3 was transferred onto the dielectric belt 25 by using a transfer charger 26 as the intermediate transfer means (Figure 4(c)). A pair of heat rolls 24 as the sheet forming means are disposed in the moving direction of the dielectric belt

25, and are used to shape the charged powder on the dielectric belt 25 in the form of a sheet (Figure 4(c)). In the present embodiment, a rubber roll containing a heater in its core was used as the sheet forming means, the gap between the surface of the dielectric belt 25 and the upper heat roll in the diagram was set at 50 μm , and the charged powder 3 deposited on average in three layers (about 150 μm) was formed into a charged powder sheet 3' of 50 μm thickness. In this way, by using the pair of heat rolls as the sheet forming means and by predetermining the gap therebetween, the thickness of the charged powder sheet 3' can be precisely controlled.

[0061] Since the powder in its powdery state contains many voids, when the powder layer is passed through the 50 μm gap between the dielectric belt 25 and the heat roll 24, part of the resin melts and the voids are filled with the molten resin, thus firmly bonding the powder particles as a single sheet. The gap between the surface of the dielectric belt 11 and the upper heat roll must be set to a suitable value since it depends on the particle size and sphericity of the charged powder 3, but generally it is desirable to set it at 1/2 to 1/3 of the thickness of the charged powder layer. If it is set too small, the thickness of the charged powder sheet 3' will be reduced to such an extent that the developed image becomes larger in size than the latent image, degrading the accuracy in the rolling direction. If the gap is set at 1/2 to 1/3 of the thickness of the charged powder layer, the amount of sheet oversizing can be held approximately equal to the particle size of the charged powder; accordingly, in the present embodiment, the accuracy in the rolling direction was successfully held to about 50 μm . If a higher accuracy is desired, the oversize amount should be reflected in the exposure data and a correction be made to a smaller extent.

[0062] Finally, a stage 7 movable in vertical directions in the plane of the page is provided, and the stage 7 is pressed against the charged powder sheet 3' on the dielectric belt 25, thereby overlaying the charged powder sheet 3' on top of the uppermost layer of the three dimensional object 8 on the stage (Figure 4(d)). In the present embodiment, a heater 27 as the transfer means is provided on the reverse side of the dielectric belt 25, and the heat from the heater 27 is used to press and transfer the charged powder sheet 3' onto the uppermost layer of the three dimensional object 8. Since the charged powder sheet 3' and the uppermost layer of the three dimensional object 8 are formed from the same resin, they easily adhere to each other by applying a small amount of heating. On the other hand, the dielectric belt 25 is constructed by applying a silicone resin as a releasing agent to the polyimide belt surface so that the charged powder sheet 3' can be easily separated and transferred to the three dimensional object 8.

[0063] By repeating the above steps for each cross sectional shape data from the lowermost layer to the uppermost layer of the three dimensional object, the three dimensional object of the desired shape having excellent accuracy and strength can be built. Means for forming the electrostatic latent image on the photoconductor drum and developing it with charged powder can be constructed using corresponding means used in electrophotography, in which case a cross section of a three dimensional object can be formed at high speed while achieving a reduction in the apparatus cost. More specifically, a three dimensional object measuring about 10 cm in the overlaying direction can be built in a few hours.

[0064] (Embodiment 2) Another embodiment of the laminated object building method and apparatus according to the present invention will be described with reference to Figure 5. The difference from the first embodiment is that a powder

prepared by coating ceramics 32 with a thermoplastic resin 31, such as shown in Figure 5, is used as the electrically chargeable powder 3. Ceramics that can be used include alumina, silicon nitride, and boron nitride, and a suitable particle size can be selected from within a range of 10 μm to a few hundred μm . The charge characteristics are exactly the same since the surface of the electrically chargeable powder 3 is coated with the thermoplastic resin 31 made of a material similar to that of the thermoplastic resin shown in the first embodiment.

[0065] When the pair of heat rolls 24 shown in the first embodiment are used as the sheet forming means for shaping the charged powder 3 in the form of a sheet, the ceramic in the core does not deform by heating or pressure but only the thermoplastic resin 31 melts for bonding together; therefore, it is preferable to set the gap between the heat rolls 24 slightly wider, that is, at 1/2 to 3/4 of the thickness of the charged powder layer. By successively overlaying the charged powder shaped by the pair of heat rolls 24 in sheet form, a three dimensional object can be built, but at this stage, its strength is no greater than the strength of the plastic resin. Here, if sintering (not included in the illustrated apparatus) is performed at high temperature after building the three dimensional object, an object having a complex shape, such as a ceramic turbine, and having excellent strength can be built. At this time, if about 1% of zirconia powder coated with a thermoplastic resin is mixed in advance as a sintering assistant, this will have the effect of lowering the final sintering temperature and improving fracture toughness.

[0066]

If the electrically chargeable powder 3 is prepared by using two or more kinds of ceramics 32 each coated with the thermoplastic resin 31 and by

measuring and mixing them in advance in the developing unit 12, a ceramic mixture having a desired composition ratio can be formed. If an electrically chargeable powder prepared by coating a metal, instead of ceramics, with the thermoplastic resin 31, a three dimensional object composed principally of metal can be formed. In this case also, by sintering the thus formed three dimensional object at high temperature, an object can be built that has excellent strength and possesses texture and electrical characteristics close to those of the material.

[0067] (Embodiment 3) Another embodiment of the laminated object building method and apparatus according to the present invention will be described with reference to Figure 6. The difference from the first and second embodiments is that a thermoplastic resin powder colored with a pigment 33 or the like, such as shown in Figure 6, is used as the electrically chargeable powder 3. Coloring a thermoplastic resin powder with a pigment or the like is a proven technique in color printers, etc. where colored toners are used, and can be easily accomplished using techniques known in the art. In the earlier described prior art method that uses a photo-curing resin, the color of the three dimensional object is determined by the color of the cured resin, which is usually yellow or milky white, and it is therefore difficult to change the color; by contrast, according to the present embodiment, it becomes possible to build a three dimensional object having a desired color (for example, red, blue, yellow, etc.).

[0068] (Embodiment 4) Another embodiment of the laminated object building method and apparatus according to the present invention will be described with reference to Figure 7. The laminated object building apparatus shown in the figure comprises: a photoconductor drum 17 as a dielectric member; a latent image forming means 15 for forming an electrostatic latent image on the

photoconductor drum 17; a plurality of developing units 12, each for containing an electrically chargeable powder and for electrically charging the powder; a developer power supply 13 for applying a high voltage to the developing units 12; an intermediate transfer member 18 disposed adjacent to the photoconductor drum 17; an intermediate transfer means 19 for transferring the charged powder adhering to the surface of the photoconductor drum 17 onto the intermediate transfer member 18; a sheet forming means 14 for shaping the charged powder on the intermediate transfer member 18 in the form of a sheet; a movable stage 7 for holding thereon a three dimensional object; and a transfer means 16 for transferring the charged powder sheet to the stage 7. The apparatus further comprises a selection means 41 capable of selecting appropriate one of the plurality of developing units 12. When one of the plurality of developing units 12 is selected by the selection means 41, the developer power supply 13 is connected to the selected developing unit 12, which thus acts in combination as a developing means 10 for developing the electrostatic latent image on the photoconductor drum 17 with the charged powder; the laminated object building apparatus thus has four developing means 10, the same number as there are developing units 12. The construction is therefore equivalent to having four developer power supplies 13 one for each developing unit 12.

[0069] The four developing units 12 contain thermoplastic resin powders pigmented yellow (Y), magenta (M), cyan (C), and white (W), respectively, and are arranged circumferentially, and the selection means 41 can select appropriate one of the four developing units 12 by rotating them. In the present embodiment, the photoconductor drum and the laser beam scanning are used as the dielectric member and the latent image forming means, respectively, as in the

first embodiment.

[0070] A full color three dimensional object building method using the above laminated object building apparatus will be described below. In the present embodiment, four colors, i.e., yellow, magenta, cyan, and white, are mixed together to form each region in the desired color based on the cross sectional shape data; the mixing proportions of the four colors are precalculated for the color to be produced for each region, and voltages to be applied when the electrostatic images to be developed with the respective color powders are formed by the latent image forming means 15 are set based on the precalculated mixing proportions.

[0071] First, the latent image forming means 15 forms a latent image on the rotating photoconductor drum 17 corresponding to the density distribution of yellow, based on the color data relating to one cross sectional shape data of the three dimensional object, and the selection means 41 selects the yellow (Y) developing unit 12 so that the image is developed with the yellow charged powder 3. Next, the yellow charged powder 3 on the photoconductor drum 17 is transferred to the intermediate transfer member 18 by the intermediate transfer means 19. The yellow charged powder 3 on the intermediate transfer member 18 is moved past the sheet forming means 14 and the transfer means 16, but at this stage, the charged powder 3 is not yet rolled into a sheet form or overlaid on the uppermost layer of the three dimensional object.

[0072] Next, a latent image corresponding to the density distribution of magenta is formed on the photoconductor drum 17, and the selection means 41 switches to the magenta (M) developing unit 12 to develop the image with the magenta charged powder 3. Then, by timing with the rotation of the intermediate

transfer member 18, the magenta charged powder 3 is transferred so as to be overlaid on the yellow charged powder 3 and in register with the distribution of the previously applied yellow charged powder 3. In like manner, the cyan charged powder and the white charged powder are overlaid in register on the intermediate transfer member 18, thus forming a charged powder layer consisting of a mixture of the four kinds of powders.

[0073] Figure 8 shows what the surface of the layer of the thus mixed charged powders would look like. As shown in the enlarged view of Figure 8(b), the charged powder layer is formed from a mixture of the various colored charged powders, i.e., yellow powder 52, magenta powder 53, cyan powder 54, and white powder 55. Actually, since each charged powder particle is substantially spherical in shape, underlying particles are seen through the gaps between the particles shown here when viewed from above, but a simplified schematic is shown here.

[0074] After the transfer of charged powder from the photoconductor drum 17 to the intermediate transfer member 18 has been performed four times, as described above, the charged powder layer is at once shaped in the form of a sheet by the sheet forming means 14, to obtain the charged powder sheet of the desired color. At this time, the charged powder sheet is not only colored with the desired color but, as in the first to third embodiments, firmly bonded together into a single sheet with part of the molten resin filling the numerous voids contained in the powder layer. Next, the stage 7 is moved upward, and the charged powder sheet is transferred by the transfer means 16 in such a manner as to be overlaid on top of the uppermost layer of the three dimensional object 8 held on the stage 7. The above process is repeated to build the full color three dimensional object.

[0075] In the above description, full color is produced by mixing the four colors when forming each charged powder sheet; alternatively, when producing a desired color for a side face of the object, and when the color mixing proportions for producing the color are Y:M:C:W = 1:1:1:1, for example, the desired color may be produced by forming the charged powder sheet 3' of each individual color and by overlaying the plurality of charged powder sheets 3' one on top of another, as shown, for example, in Figure 9(a). The reason is that since each layer is as thin as tens of micrometers, each individual layer cannot be distinguished by the human eye when viewed at a distance. In this case, the mixing proportion of each color need not be calculated for the formation of each charged powder sheet, and the complexity of the object building process can be reduced.

[0076] Further, suppose, for example, that it is desired to draw a yellow circle on a white background on a side face of the object, as shown in Figure 9(b); then, for the charged powder sheets 3'a containing the yellow circle drawing region, the charged powder layers are formed by using yellow charged powder for the circle drawing region and white charged powder for the other regions, and the charged powder layers are shaped in the form of a sheet, while for the charged powder sheets 3'b not containing the yellow circle drawing region, the charged powder sheets are formed using only monochromatic white charged powder. In both cases of Figures 9(a) and 9(b), however, the uppermost and lowermost sheets must be formed with the respectively desired colors by mixing the four colors.

[0077] In the present embodiment, powders of four colors, yellow, magenta, cyan, and white, are used, but if black is also used and the five colors are mixed, a crisper full color result can be obtained. Other color combinations may also be used. If full color is not particularly needed, two kinds of colored powders, for

example, may be used. Further, if the surface color of the three dimensional object is the only concern, colored powders may be used only for the exterior regions of the cross sectional data and non-colored powder for the interior regions.

[0078] (Embodiment 5) Another embodiment of the laminated object building method and apparatus according to the present invention will be described.

This embodiment uses the same laminated object building apparatus (Figure 6) as used in the fourth embodiment, and from among the plurality of developing units 12 which contain the electrically chargeable powders prepared by coating different ceramics 32 or metals with the thermoplastic resin 31, as shown in Figure 5, appropriate one is selected by the selection means 41 for development.

With this arrangement, a three dimensional object whose component or composition ratio varies from position to position can be built; for example, a rod or the like, whose one end is a metal and whose other end is a ceramic with the composition gradually varying through the intermediate portion, can be easily built.

[0078] (Embodiment 6) Another embodiment of the laminated object building method and apparatus according to the present invention will be described with reference to Figure 10. The laminated object building apparatus shown in the figure comprises a plurality of powder layer formation/transfer sections 70, each comprising a photoconductor drum 17, a latent image forming means 15, a developing means 10 consisting of a developing unit 12 and a developer power supply 13, and an intermediate transfer means 19, the developing units 12 containing electrically chargeable powders colored yellow, magenta, cyan, and white, respectively. While timing the rotation of each photoconductor drum 17

with the rotation of the intermediate transfer member 18, latent images corresponding to the color mixing proportions of yellow, magenta, cyan, and white are formed in the order stated, developed with the respective colored powders, and transferred in register onto the intermediate transfer member 18, thus forming the charged powder layer of the desired mixing ratio on the intermediate transfer member 18. With the provision of the plurality of powder layer formation/transfer sections 70 including not only the plurality of developing units 12 but also the plurality of photoconductor drums 17, latent image forming means 15, developer power supplies 13, and intermediate transfer means 19, the four kinds of charged powders can be overlaid one on top of another during one revolution of the intermediate transfer member 18, achieving a faster processing speed compared with the fourth embodiment.

[0080] Furthermore, in this apparatus, the stage 7 has a mechanism capable of not only moving in vertical directions in the plane of the page but also moving in the same direction as the traveling direction of the intermediate transfer member 18 at the same speed, and the transfer means 16 such as a heater is also made long to cover the length of the movement. By heating the intermediate transfer member 18 from the transfer means 16 while moving the intermediate transfer member 18 in contacting relationship with the stage 7, the transfer and deposition of the charged powder sheet onto the three dimensional object 8 is completed within the movable range of the stage 7 without having to stop the rotation of the intermediate transfer member 18. This achieved a very fast forming speed of a few seconds per layer.